

Загальні питання технології збагачення

УДК 622.7

В.Г. МАМРЕНКО, А.К. СОКУР

(Украина, Днепропетровск, ГП "Укрнииуглеобогащение")

**РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНОЙ
ФАБРИКИ АКХЗ**

Обогатительная фабрика предназначена для обогащения коксующихся углей с глубиной обогащения до 0 мм. Обогащение осуществляется методами отсадки крупного (кл. +13,0 мм) и мелкого (кл. 0,5-13 мм) угля, противоточной гидроклассификации зернистого шлама в гидросайзерах и флотацией тонких угольных шламов (кл. -0,5 мм).

Отличительной особенностью технологической схемы обогатительной фабрики Авдеевского КХЗ является замкнутый цикл оборотного водоснабжения. Это позволяет снизить отрицательное влияние на экологическую обстановку в районе расположения завода и получать оборотную воду с минимальным содержанием твердого в производственном помещении фабрики.

Проведенное в мае 2009 года генеральное опробование и обследование обогатительной фабрики показало следующее.

Рядовая шихта во время опробования была представлена шахтами и марками угля, приведенными в таблице 1.

Таблица 1

Долевое участие шахт в рядовой шихте	
Наименование шахт	Долевое участие
"Степная"	19%
"Западно-Донбасская"	14%
"Кыргайская"	3%
Итого марка "Г"	36%
"Самсоновская Западная"	34%
"Дуванная"	10%
Итого марка "Ж"	44%
"Суходольская Восточная"	7%
"Ленина"	8%
"Щегловская"	5%
Итого марка "К"	20%
Всего	100%

Нагрузка на фабрику по исходной рядовой шихте составляла 700 т/ч при зольности 38,5% и влажности 6,2%.

Рядовая шихта конвейерами подается в загрузку одного из двух гидрогрозотов ГГН-5,5, где смачивается транспортной водой и подвергается рассеву по крупности 13 мм. Классы крупности более 13 мм поступают в отсадочную машину крупного угля, классы крупности менее 13 мм – на отсадочные машины мелкого угля.

Збагачення корисних копалин, 2010. – Вип. 43(84)

Загальні питання технології збагачення

Расположенные параллельно на отметках +21 и +26 м два гидрогрозота ГГН-5,5 находятся в одной плоскости поперечного сечения здания фабрики, а отсадочные машины размещены на отметке +15 м на одной линии по направлению разгрузки продуктов гидрогрозотов, т.е. каждая последующая (из шести) отсадочная машина находится на все большем расстоянии от гидрогрозотов. Такое взаимное расположение гидрогрозотов и отсадочных машин предлагает повышенный расход транспортной воды, подаваемой в голову процесса, особенно на гидрогрозот на отметке 21 м, отводящие желоба которого имеют меньший уклон. Во время опробования удельный расход транспортной воды, подаваемой на гидрогрозот насосом ГрТ 1400/40, составлял ориентировочно исходя из технической характеристики насоса 1,5-1,7 м³/т при норме по технической характеристике ГГН-5,5 1,2 м³/т [1]. Избыточный расход транспортной воды приводит к перегрузке узла обесшламливания, в результате чего значительная часть шлама попадает в отсадочные машины и снижает эффективность разделения в них.

Результаты опробования продуктов обогащения показывают, что засорение концентрата отсадочной машины мелкого зерна промежуточными и тяжелыми фракциями составляет, соответственно, 2,7% при зольности 33,4 и 6,8% при зольности 77,1%. Суммарное содержание посторонних фракций в концентрате составило 9,5% при зольности 64,7%.

В "Постоянном технологическом регламенте углеподготовительного цеха № 1 (ТР УПЦ-1) [2] эти показатели не указаны, поэтому для оценки работы отсадочных машин приняты во внимание требования отраслевого стандарта Минуглепрома "Вугільні продукти збагачення. Методика розрахунку показників якості" СОУ 10.1.00185755.002-2004 (СОУ) [3], который применяется на обогатительных фабриках Минуглепрома Украины, в том числе выпускающих концентрат для коксования.

По данным СОУ при обогащении мелкого машинного класса "трудной" обогатимости, содержание промежуточных и тяжелых фракций в концентрате не должно превышать 3,0 и 0,6%. Сопоставление этих показателей с показателями опробования показывает, что превышения сверх нормы содержания промежуточных фракций нет, но есть превышение содержания тяжелых фракций (+6,2%).

Крупный концентрат, полученный при обогащении угля крупностью более 13 мм содержит, по результатам опробования, 1,4% (норма 2,5%) промежуточных фракций и 1,7% (норма 0,6%) тяжелых, т.е. сверхнормативное засорение крупного концентрата по СОУ промежуточными фракциями отсутствует, а тяжелыми – 1,1%.

Возможной причиной засорения концентрата крупной и мелких отсадочных машин может быть избыточная подача технологической воды при подготовительной классификации и отсадке угля, засорение машинных классов посторонними классами крупности. Избыточное количество воды способствует уносу посторонних фракций с концентратом через порог отсадочных машин, а сами машины настроены на определенную крупность угля.

Содержание легких фракций в мелкой породе составляет 0,7%, в крупной породе – 0,4% при допустимом содержании 1,0% (по требованиям ТР УПЦ-1). Таким образом, сверхнормативных потерь с отходами отсадки нет.

Обезвоживание крупного концентрата осуществляется на грохотах ГИСТ-72, мелкого концентрата на ситах предварительного сброса, грохотах ГВЧ-61 и в центрифугах HES-1300.

Влажность крупного концентрата составляла 4,5%, мелкого концентрата после центрифуг – 7,6%, при средней нормативной влажности общего концентрата 0-100 мм 10,5%.

Регенерация оборотной воды для технологических целей осуществляется методом флотации тонких угольных шламов. На три флотомашини ФМ-25 поступает слив пирамидальных сгустителей в количестве 2000-2100 м³/час с содержанием твердого до 90 г/л и зольностью до 30,0%. Подача реагентов регулируется вручную. Полученный флотоконцентрат обезвоживается на вакуум-фильтрах "Украина-80" с применением флокулянта "Магнофлок" и направляется на сушку. Предельная влажность кека вакуум-фильтров по нормам ТР УПЦ-1 не должна превышать 27,0%, во время опробования равнялась 25,5%. Зольность флотоконцентрата по ТР УПЦ-1 не регламентируется, во время опробования составила 9,9%, зольностью отходов – 72,5%.

Фильтрат дисковых вакуум-фильтров и перелив зумпфов флотоконцентрата подвергается классификации и сгущению в гидроциклонах ГЦ-710. Оба продукта содержат тонкий материал – содержание класса менее 125 мкм достигает 80%. Частицы такой крупности в водной среде мало подвержены гравитационной и центробежной (для гидроциклонов большого диаметра) силам и распределяется пропорционально объемам пульпы [4]. По результатам опробования видно, что содержание класса менее 100 мкм в фильтрате вакуум-фильтров (питание ГЦ-710) и в сливе гидроциклонов почти одинаково – 81,4 и 85,8% соответственно.

Для повышения эффективности классификации и снижения размера граничного зерна разделения для такого продукта предпочтительнее применение гидроциклонов меньшего диаметра – ГЦ-350 или ГЦ-250.

Осветление оборотной воды (отходов флотации) происходит с применением флокулянтов "Магнофлок" в радиальных сгустителях и вертикальных сгустителях С-10, которые работают на чистом сливе. Сгущенные в С-10 отходы флотации закачиваются в камерные фильтр-прессы, где обезвоживаются до транспортабельного состояния ("коржи") и вывозятся автотранспортом на породный отвал. Влажность обезвоженных отходов во время опробования составляла 13...14% при норме по ТР УПЦ-1 не более 25,0%. Операции сгущения и прессования отходов обеспечивают замыкание цикла оборотного водоснабжения.

Фильтрат фильтр-прессов, представляющий собой циркулирующую нагрузку, имеет твердую составляющую только в начале процесса отжима. В дальнейшем на поверхности фильтроткани образуется слой осадка, представляющий собой дополнительную фильтрующую перегородку из тонких, плотно прилегающих друг к другу частиц. Размер каналов между частицами не позво-

Загальні питання технології збагачення

ляет попадать фильтруемому материалу в фильтрат. Фильтрат становится чистым, и нет необходимости снова направлять его в циркуляцию в сгустители С-10, а при наличии технической возможности, использовать в технологических целях.

Улавливание, обработка и обогащение шламовых продуктов ведется через пирамидальные сгустители, зумпф фугата и зумпф сгущенного шлама. Водно-шламовая схема предполагает совместную обработку первичного (необогащенного) и вторичного (прошедшего частичное обогащение в отсадочных машинах) шлама. Подситный продукт обесшламливания вместе с подситной водой грохотов обезвоживания концентрата поступает в пирамидальные сгустители, слив которых направляется на флотацию. Сгущенный продукт пирамиды № 18 используется для смачивания рядовой шихты перед подготовительным грохочением и транспортирования машинных классов в отсадочные машины, сгущенный продукт других пирамид обрабатывается по отдельной цепочке, с транспортной водой (сгущенный пирамиды № 18) циркулирует до 150 т/ч шлама, значительная часть которого попадает в отсадочные машины. В надрешетном продукте ГГН-5,5 (питание крупной ОМ) содержится по результатам опробования 6,3% зерен крупностью менее 2 мм, в надрешетном дешламации (питание мелких ОМ) – 31,8%. Попадающий в отсадочные машины шлам обогащается с меньшей эффективностью, чем более крупные зерна, и затрудняют при этом процесс разделения. Зольность класса 0-2 мм в крупном концентрате составила во время опробования 22,4% при общей зольности крупного концентрата 6,2%, зольность шлама крупностью менее 1мм, полученного при обезвоживании концентрата мелких ОМ была 25%. В итоге происходит озоление вторичного шлама, который выделяется с подрешетными водами обезвоживающего концентрат отсадки оборудования.

Высокозольные мелкие зерна поступают в ОМ и с дробленным промпродуктом, в котором содержится около 83% класса менее 2 мм с зольностью 68,3%. Так как промпродукт по технологии ОФ УПЦ-1 как конечный продукт не выделяется, то он циркулирует с технологической водой, накапливается до определенного содержания, а затем распределяется между концентратом и отходами.

Рассмотренные причины озоления вторичных шламов не дают возможности накопления шламовых продуктов в пирамидальных сгустителях или зумпфах по принципу прохождения через обогатительные аппараты. Эти продукты группируются по общей зольности и по зольности отдельных классов крупности. Исключение составляет узел улавливания фугата, выделенный в отдельную цепочку. Низкозольный фугат из зумпфа центрифугата сгущается в гидроциклоне ГЦ-710, а затем обезвоживается в центрифуге NAEL.

Снижение зольности вторичного шлама возможно в результате изъятия из циркуляции подситного продукта дешламации рядовой шихты и дробленого промпродукта и обогащение их как отдельного машинного класса. Для определения степени раскрываемости промпродукта при дроблении нужны дополнительные исследования.

Сгущенный в пирамидальных сгустителях шлам при допустимой для присаживания к мелкому концентрату зольности самотеком поступает в зумпф сгущенного шлама, затем насосами Гр8-400/40 подается на дополнительное сгущение в гидроциклоны ГЦ-710, сгущенный продукт которых обезвоживается в шламовых центрифугах NAEL.

Если зольность шлама в зумпфе превышает допустимую для присаживания к мелкому концентрату, шлам из зумпфа сгущенного шлама насосами "Warman" подается на обезиливание в гидроциклонах ГЦ-350, а затем на обогащение в гидросайзерах. Диапазон крупности зерен в питании гидросайзера находится в пределах от 0 до 3 мм, в том числе содержание класса 0,1-3 мм – около 90%. При таком широком диапазоне крупности с соотношением границ равным 30(3:0,1) трудно подобрать оптимальную для всех классов скорость восходящих струй воды в гидросайзере [5]. Происходит унос в слив высокозольных частиц, близких по размеру к нижнему пределу крупности. Об этом свидетельствует зольность шлама в сливе гидросайзера, которая во время опробования составляла 15...17%. Зольность концентрата гидросайзера снижалась в процессе сброса воды и обезвоживания за счет вымывания более мелких и тонких частиц, которые продолжали циркулировать с технологической водой. В связи с этим целесообразно было бы разделить питание гидросайзеров на более узкие диапазоны крупности [6, 7], что позволило бы снизить влияние веса частиц и повысить роль плотности материала, как более объективного фактора при разделении частиц в гравитационной поле сил и распределении зольностей по продуктам.

Низкозольный концентрат в данном случае можно обезвоживать на оборудовании, которое обеспечивает наиболее полное улавливание материала – ленточных фильтр-прессах, дисковых напорных фильтрах (гипербарфилтрах), осадительных центрифугах.

Разгрузка отходов гидросайзера осуществляется автоматически в накопительном режиме при достижении ими заданной плотности. Зольность отходов находилась в пределах от 71 до 82% при норме по ТР УПЦ-1 – не ниже 70,0%.

Обезвоженные отходы гидросайзера вместе с отходами отсадочных машин конвейерами загружаются в бункера породы, откуда автотранспортом вывозятся на породный отвал.

Получение оборотной воды осуществляется в процессе сгущения и обезвоживания отходов флотации с применением флокулянтов "Магнофлок". Приготовление и дозировка флокулянтов осуществляется в автоматическом режиме. В сборник оборотной воды поступает так же слив гидроциклонов ГЦ-710 классификации фильтрата дисковых вакуум-фильтров "Украина-80". Содержание твердого в оборотной воде не превышает 10 г/л.

Выводы по работе фабрики

1. Опробование продуктов технологической схемы обогащательной фабрики УПЦ-1 проведено в течение двух смен при нагрузке по рядовой шихте, установленной автодозаторами, 700,0 т/ч при влажности 6,2%.

Загальні питання технології збагачення

2. Расчетный выход концентрата составил 56,5% с зольностью 8,7%.

3. Выход отходов был равен 43,5% при зольности 77,2%. Зольность отходов крупной отсадки – 84,3%, мелкой – 84,1%, контрольной – 70,5%. Содержание легких фракций в отходах отсадочных машин составило: в крупных – 0,4%, мелких – 0,7% при норме по ТР УПЦ-1 – не более 1%. Это позволяет сделать вывод об отсутствии сверхнормативных потерь легких фракций с отходами отсадки.

4. Удельный расход воды при подготовительном грохочении, исходя из характеристик подающего насоса ГрТ 1400/40, выше заложенного в технической характеристике гидрогрохота. Это приводит к перегрузке узла обесшламливания и попаданию шлама в отсадочные машины, где он обогащается неэффективно.

5. Работа основных отсадочных машин обеспечивает извлечение легких фракций в концентрат в соответствии с ТР УПЦ-1 (см. п.3). Контрольная машина требует наладки.

Засорение концентрата крупной отсадки промежуточными и тяжелыми фракциями во время опробования составляло 3%, мелкой и контрольной – 9,5 и 8,4%.

6. Обезвоживающее оборудование продуктов гравитации обеспечивает требуемую влажность.

7. Регенерация шламовой воды методом флотации обеспечивает полное улавливание легких фракций тонких продуктов. Фракции плотностью менее 1500 кг/м³ в отходах флотации во время опробования отсутствовали.

8. Обезвоживание концентрата флотации в дисковых вакуум-фильтрах обеспечивает влажность в соответствии с ТР УПЦ-1 перед подачей на сушку.

Обезвоживание отходов флотации в камерных фильтр-прессах позволяет получить влажность отходов значительно ниже требований ТР УПЦ-1, вывозить их на породный отвал автотранспортом, а так же вести работу с замкнутым циклом оборотного водоснабжения.

9. Классификация и сгущение фильтрата дисковых вакуум-фильтров ведется в гидроциклонах большого диаметра для такого тонкого продукта, содержание класса менее 100 мкм в питании и сливе ГЦ-710 почти одинаково.

10. Фильтрат фильтр-прессов представляет собой циркулирующую нагрузку даже когда становится чистым. Это увеличивает удельную нагрузку на вертикальные сгустители С-10.

11. Для смачивания рядовой шихты и транспортирования машинных классов в отсадочные машины используется сгущенный продукт пирамиды № 18 с содержанием твердого 140 г/л. Общее количество шлама в транспортной воде достигает 150 т/ч и более. Это приводит к увеличению времени нахождения его в системе, переизмельчению, затруднению дальнейшего улавливания, циркуляции с технологической водой высокочольных частиц.

12. Обогащение шлама в гидросайзерах ведется в широком диапазоне крупности – от 0,1 до 3 мм, что приводит к выносу в концентрат тонких высокочольных частиц.

Рекомендации по совершенствованию технологической схемы

Для совершенствования технологической схемы обогатительной фабрики УЩ-1 необходимо внедрить следующие технические решения.

1. Перенести гидрогрохоты ближе к отсадочным машинам мелкого зерна при соблюдении оптимальных углов наклона желобов загрузки отсадочных машин крупного зерна и условий компоновки с существующим оборудованием, что позволит снизить расход транспортной воды, повысить эффективность подготовки машинных классов и обесшламливания мелкого угля.

2. Для повышения эффективности разделения в отсадочных машинах внедрить более совершенные системы автоматизации процесса отсадки угля, в первую очередь на контрольной отсадочной машине.

Произвести дополнительную наладку контрольной отсадочной машины и разработать технологический регламент этого процесса с целью улучшения показателей разделения.

3. Ввести операцию классификации в гидроциклонах сгущенного продукта пирамидальных сгустителей с целью снижения циркуляции шлама с транспортной водой. Сгущенный продукт гидроциклонов направлять в центрифуги NAEL, слив на подготовительное грохочение.

4. Применить на операции классификации и сгущения фильтрата дисковых вакуум-фильтров гидроциклоны меньшего диаметра ГЦ-350 или ГЦ-250, что позволит увеличить извлечение твердого продукта в концентрат.

5. Чистый фильтрат фильтр-прессов направлять в бак технической воды с целью снижения удельных нагрузок на сгустители С-10.

6. Выделять первичный (рядовой) шлам при дешламации рядовой шихты по граничному зерну разделения 2 мм и обогащать его в гидросайзерах или винтовых сепараторах как отдельный продукт с целью ликвидации циркуляции высокозольного шлама и снижения зольности мелкого концентрата.

7. Отходы гидросайзера обезвоживать вместе с отходами флотации на фильтр-прессах, выводя тем самым из эксплуатации высокочастотный грохот ВОГ.

8. Для повышения эффективности разделения обогащение шлама в гидросайзерах вести узкими классами крупности с соотношением границ крупности равным $0,5 \text{ мм} : 0,1 \text{ мм} = 5$ и $2,0 \text{ мм} : 0,5 = 4$.

9. Для более полного улавливания шлама, в т. ч. концентрата гидросайзера, который присаживается к мелкому концентрату, целесообразно применение оборудования с фильтрующими перегородками: ленточных фильтр-прессов, дисковых фильтров под давлением (гипербарических фильтров) или осадительных высокооборотных центрифуг.

10. Для обеспечения точной дозировки реагентов с целью повышения эффективности флотации тонких классов угля установить аппаратуру автоматической дозировки флотореагентов и контроля процесса флотации.

Список литературы

1. Полулях А.Д. Технологические регламенты углеобогатительных фабрик – Дн-вск: изд-во НГУ, 2002. – 855 с.

Збагачення корисних копалин, 2010. – Вип. 43(84)

Загальні питання технології збагачення

2. Постоянный технологический регламент углеподготовительного цеха № 1 – ТР УПЦ-1 010-01-2007.

3. СОУ 10.1.00185755.002-2004. Вугільні продукти збагачення. Методика розрахунку показників якості. – К.: Мінпаливенерго України, 2004. – 46 с.

4. **Фоменко Т.Г., Бутовецкий В.С., Погарцева Е.М.** Водно-шламовое хозяйство углеобогачительных фабрик. – М.: Недра, 1974. – 270 с.

5. **Кирнарский А.С., Полулях А.Д.** Об эффективной работе гидросайзеров // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2001. – Вип. 11(52). – С. 47-53.

6. **Полулях А.Д.** Об изменении диапазона машинных классов на углеобогачительных фабриках // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 1999. – Вип. 3(44). – С. 3-8.

7. **Полулях А.Д.** Обогащение рядового угля пятью машинными классами // Уголь Украины. – 1999. – № 5. – С. 49-50.

© Мамренко В.Г., Сокур А.К., 2010

Надійшла до редколегії 28.09.2010 р.

Рекомендовано до публікації д.т.н. О.Д. Полуляхом